

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 13.05.98.

(30) Priorité : 14.05.97 US 00856459.

(71) Demandeur(s) : MOTOROLA INC SOCIETE DE  
DROIT DE L'ETAT DU DELAWARE — US.

(43) Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 20.11.98 Bulletin 98/47.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : Ce dernier n'a pas été  
établi à la date de publication de la demande.

(60) Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

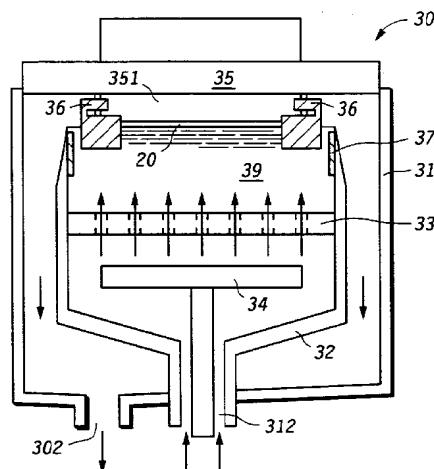
(72) Inventeur(s) : SIMPSON CINDY REIDSEMA, HER-  
RICK MATTHEW T, ETHERINGTON GREGORY S et  
LEGG JAMES DEREK.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.

(54) PROCÉDÉ DE DÉPOT D'UNE COUCHE DE MATIÈRE SUR UN SUBSTRAT A L'AIDE D'UN SYSTÈME DE  
PLACAGE.

(57) Le procédé selon l'invention, utilisant un système d'électrodéposition (30), rend plus uniforme la densité de courant électrique appliquée sur l'étendue d'un substrat (20) de dispositif à semiconducteur pendant le placage, de façon à permettre un dépôt plus uniforme ou ajusté d'une matière conductrice. Les dispositifs (36 et 37) modifiant la densité de courant électrique réduisent cette dernière au voisinage du bord du substrat (20). Par la réduction de la densité de courant au voisinage du bord du substrat (20), le placage devient plus uniforme ou peut être ajusté de façon qu'une quantité légèrement plus importante de matière soit plaquée au voisinage du centre du substrat (20). On peut également modifier le substrat de façon qu'il soit possible de retirer la matière que les parties (36) modifiant la densité de courant électrique placent sur les structures (36) sans pour autant devoir désassembler aucune partie de la tête (35), ou, par un quelconque autre moyen, retirer les structures (36) du système. Le nettoyage effectué sur place réduit la durée d'indisponibilité de l'équipement, augmente sa durée de vie et réduit les comptages de particules.



La présente invention concerne de façon générale des procédés et les systèmes permettant de déposer des couches sur des substrats et, plus particulièrement, des procédés et des systèmes permettant de former, par électrodéposition, des couches à teneur métallique sur ces substrats.

5 Actuellement, les dispositifs à semiconducteur nécessitent, pour fonctionner, des densités de courant plus élevées tout en devant encore résister à l'électromigration ou à d'autres problèmes liés à la fiabilité. Le cuivre fait l'objet d'études, comme offrant un procédé de remplacement de la métallisation par aluminium ou aluminium-cuivre actuellement en vigueur. L'un des procédés les 10 plus prometteurs pour le dépôt de cuivre sur un substrat passe par l'utilisation de procédés de placage, par exemple l'électrodéposition.

La figure 1 est une vue en section droite d'un système classique d'électrodéposition 10. Le système 10 comporte une chambre 11 ayant un orifice de sortie 102. Le système comporte en outre une petite cuve 12 (conteneur) qui possède un orifice d'entrée 112 destiné à recevoir un fluide de placage et un moyen diffuseur 13 disposé à l'intérieur de la cuve. Une anode 14 se trouve entre la cuve 12 et le moyen diffuseur 13. Le système 10 comporte en outre une tête 15 qui possède un plateau tournant 151 et des doigts de retenue 152 sont la cathode du système 10 et sont typiquement fait en titane platiné. En ce qui concerne le fonctionnement du système 10, la solution de placage 19 entre dans la cuve 12 par l'orifice d'entrée 112, passe près de l'anode 14, où des ions ponctuels provenant de l'anode 14 se dissolvent dans la solution de placage 19. La solution de placage 19 continue d'avancer en passant par le moyen diffuseur 13 et atteint le substrat 20. La solution de placage 19 déborde finalement par dessus les côtés de la cuve 12, redescend entre les parois de la cuve 12 et celles de la chambre 11, et passe dans l'orifice de sortie 102. L'anode 14 et les doigts de retenue 152 sont polarisés de façon à plaquer le substrat 20.

Pendant le fonctionnement de ce système 10 selon la technique antérieure, un dépôt non uniforme se produit typiquement, comme représenté sur 30 la figure 2. Comme on peut le voir sur la figure 2, le substrat 20 d'un dispositif à semiconducteur possède une matière de base 22 qui peut être un isolant, un conducteur ou bien une combinaison d'isolants et de conducteurs, ayant une couche d'ensemencement conductrice 24 qui s'étend sur la matière de base 22. La matière plaquée 26 se forme sur la couche d'ensemencement 24. On note que le substrat 20 35 se charge dans le système 10 la tête en bas. Sur la figure 2, le substrat a été retourné verticalement de façon que la face 26 regarde vers le haut de la figure 2.

5 Comme on peut le voir sur la figure 2, le dépôt de matière plaquée 26 est typiquement plus épais au voisinage des bords du substrat 20 et plus mince au voisinage de son centre. Ce dépôt non uniforme est la cause de problèmes, en particulier si la matière plaquée 26 doit être polie par des moyens chimico-mécaniques. Typiquement, le polissage enlève plus vite la matière au voisinage du centre et il l'enlève plus lentement au voisinage des bords du substrat. La combinaison de l'existence d'une partie plus épaisse de la matière plaquée 26 au voisinage du bord du substrat 20 et de la vitesse de polissage moindre au voisinage de ce bord accentue la non-uniformité de la matière plaquée 26 après son 10 polissage. Pendant le polissage, une trop grande quantité de la matière de base 22 sous-jacente est enlevée en raison de la sélectivité de polissage non idéale ou bien un anneau de matière résiduelle est laissé autour du bord du substrat 20, l'un comme l'autre n'étant pas souhaitable.

15 Des plaques formant des "écrans voleurs de courant électrique" sont utilisées lors du placage de substrats de cartes à circuit imprimé. La plaque formant un écran voleur de courant est fixée à la carte et est retirée de manière destructive par découpe de la partie de la carte qui comporte la plaque d'écran voleur de courant.

20 Le besoin existe d'un système, à créer, qui est ou bien plus uniforme en ce qui concerne le dépôt ou bien est apte à déposer par placage légèrement plus de matière au voisinage du centre du substrat, par comparaison à ses bords, afin de compenser le polissage accéléré que l'on observe typiquement au voisinage du centre d'un substrat.

25 La description suivante, conçue à titre d'illustration de l'invention, vise à donner une meilleure compréhension de ses caractéristiques et avantages ; elle s'appuie sur les dessins annexés, dans lesquels des références identiques désignent des éléments analogues, et où :

la figure 1 est une vue en section droite d'un système de placage selon la technique antérieure ;

30 la figure 2 est une vue en section droite d'une partie d'un substrat semiconducteur après qu'une matière a été plaquée sur le substrat selon un procédé connu ;

la figure 3 est une vue en section droite d'un système d'électrodepositio-  
tion selon un mode de réalisation de l'invention ;

la figure 4 est une vue de dessus sur la tête de placage, qui montre la relation existant entre le substrat et les structures de retenue, selon un mode de réalisation de l'invention ;

5 la figure 5 est une vue en section droite d'une partie d'un substrat de dispositif à semiconducteur après placage d'une matière à l'aide d'un mode de réalisation de l'invention ; et

la figure 6 est une vue en section droite d'un système de placage qui possède un dessin d'anode selon un autre mode de réalisation de l'invention.

10 L'homme de l'art doit comprendre que les éléments des figures sont présentés dans un esprit de simplicité et de clarté et n'ont pas nécessairement été dessinés à l'échelle. Par exemple, les dimensions de certains des éléments des figures ont été exagérées par rapport à d'autres éléments de manière qu'on puisse mieux comprendre les modes de réalisation de l'invention.

15 Un système et un procédé nouveaux d'électrodepositio rendent plus uniforme la densité de courant électrique sur l'étendue de la surface d'un substrat de dispositif à semiconducteur pendant le placage afin de permettre un dépôt plus uniforme ou ajusté de la matière conductrice. Des éléments modifiant la densité de courant électrique réduisent cette densité au voisinage du bord du substrat, où la vitesse de placage aurait, sinon, été la plus élevée. En réduisant la densité de courant au voisinage du bord du substrat, le placage devient plus uniforme ou peut être ajusté de façon qu'une quantité légèrement supérieure de matière soit plaquée au voisinage du centre du substrat. On peut aussi modifier le système de façon que la matière que le dispositif modifiant la densité de courant répartit sur les structures de retenue, ou serrage, peut être retirée sans qu'il faille désassembler aucune partie 20 de la tête ou, par une quelconque autre manière, retirer du système le dispositif modifiant la densité de courant électrique en forme d'arc. Le nettoyage effectué sur place réduit la durée d'indisponibilité de l'équipement, augmente sa durée de vie, et réduit les comptages de particules.

25 De manière plus précise, la présente invention prévoit un procédé de dépôt d'une couche de matière sur un substrat, caractérisé en ce qu'il comprend les opérations suivantes :

30 placer le substrat dans un système de placage comportant :

un conteneur ;

une première électrode disposée à l'intérieur du conteneur ;

35 une deuxième électrode électriquement connectée au substrat ;

un premier conducteur ou dispositif modifiant la densité de courant électrique, qui :

est écarté d'une certaine distance du substrat ;

possède une plus grande largeur que la deuxième électrode ; et

5 s'étend plus loin en direction de la première électrode par comparaison avec la deuxième électrode ;

un liquide ionique, qui est en contact avec la première électrode, la deuxième électrode, le substrat et le premier conducteur ou dispositif modifiant la densité de courant électrique ;

10 mettre la première électrode à un premier potentiel, la deuxième électrode à un deuxième potentiel, et le premier conducteur ou dispositif modifiant la densité de courant électrique à un troisième potentiel, où :

la couche de matière est déposée sur le substrat ; et

15 le premier potentiel est différent des deuxième et troisième potentiels ; et

retirer le substrat hors du système de placage.

La première électrode possède une section droite qui est au moins partiellement de forme conique.

20 L'opération de placement du substrat comprend l'opération consistant à positionner le substrat de façon qu'il ait un bord près du premier conducteur ou dispositif modifiant la densité de courant électrique, lequel possède une forme analogue à une partie du bord.

25 L'opération consistant à mettre la première électrode à un premier potentiel dépose la couche, sur un premier point plus rapproché du centre du substrat, jusqu'à une première épaisseur et, sur un deuxième point plus rapproché d'un bord du substrat, jusqu'à une deuxième épaisseur qui n'est pas plus épaisse que la première épaisseur.

30 Le procédé selon l'invention comprend en outre l'opération consistant à retirer au moins une partie de la couche de matière qui a été déposée sur la deuxième électrode pendant l'opération consistant à mettre la première électrode à un premier potentiel, où le premier conducteur ou dispositif modifiant la densité de courant électrique est mis à un potentiel inférieur par comparaison avec la deuxième électrode.

35 Le procédé comprend en outre l'opération consistant à faire tourner le substrat et la première électrode l'un par rapport à l'autre pendant l'opération consistant à mettre la première électrode à un premier potentiel.

Egalement, une opération consistant à faire tourner le premier conducteur ou dispositif modifiant la densité de courant électrique par rapport à la première électrode pendant l'opération consistant à placer la première électrode à un premier potentiel peut être prévue.

5 La figure 3 représente une vue en section droite d'un système d'électro-déposition 30 selon un mode de réalisation de l'invention. Le système 30 est analogue au système 10, mais, toutefois, le système 30 comporte des structures de retenue 36 ayant des parties de retenue 362 (cathode ou deuxième électrode) et des parties 364 modifiant la densité de courant électrique en forme d'arc (première 10 particularité), et un dispositif 37 modifiant la densité de courant électrique en forme d'anneau (première particularité ou deuxième particularité, selon le mode de réalisation). Les structures de retenue 36 sont conductrices. Le système 30 comporte une chambre 31 ayant un orifice de sortie 302, et une petite cuve 32 ayant un orifice d'entrée 312 destiné à recevoir un fluide de placage. A l'intérieur de 15 la cuve 32, un moyen diffuseur 33 crée un écoulement plus laminaire de la solution de placage (liquide ionique) 39 dans la cuve 32. Une anode 34 (première électrode) se trouve entre la cuve 32 et le moyen diffuseur 33. L'anode 34 comporte typiquement la matière qui sera plaquée sur un substrat 20 de dispositif à semiconducteur.

20 Le système 30 comporte en outre une tête 35 qui possède un plateau tournant 351 et des structures de retenue 36, et un dispositif modificateur 37 en forme d'anneau. Le plateau tournant 351, le moyen diffuseur 33, la cuve 32 et la chambre 31 comprennent une matière non conductrice, telle que du polyéthylène, des hydrocarbures fluorés (à savoir du Téflon (marque déposée)), ou analogue. Ces matières réduisent le risque d'une conduction du courant ou d'une réaction 25 nuisible avec la solution de placage. L'anode 14, les structures de retenue 36 et les dispositifs modificateurs 37 en forme d'anneau, toute couche conductrice qui se trouve sur le substrat 20, comme par exemple la couche d'ensemencement conductrice 24, doivent être les seules matières conductrices qui sont en contact avec la solution de placage 39.

30 La figure 4 est une vue de dessus d'un substrat 20 de dispositif à semi-conducteur qui est maintenu sur le plateau tournant 351 au moyen des structures de retenue 36. Chacune des structures 36 comporte une partie de retenue 362 et une partie 364 modifiant la densité de courant électrique. La partie de retenue 362 et la partie 364 modifiant la densité de courant électrique sont conductrices. La partie 364 est plus large d'au moins 1 mm et s'étend en direction de l'anode 34 au moins 1 mm plus loin, par comparaison avec la portion de la partie 362 qui se

trouve entre le substrat 20 et l'anode 34. Dans ce mode de réalisation particulier, la longueur de l'arc de chacune des parties 364 est comprise dans l'intervalle de 5 à 50 mm environ et a une valeur nominale de 25 mm. La hauteur de chacune des parties modificatrices 364 en forme d'arc est comprise dans l'intervalle de 5 à 5 15 mm environ et a une valeur nominale de 10 mm. L'épaisseur de chacune des parties 364 se trouve dans l'intervalle de 2 à 6 mm environ. Le dispositif modificateur 37 en forme d'anneau est conducteur et est placé de façon qu'il existe un intervalle compris approximativement entre 5 et 15 mm entre la structure 36 et le dispositif modificateur 37 en forme d'anneau. Comme pour les parties 364, le 10 dispositif modificateur 37 s'étend plus loin en direction de l'anode 34. Le dispositif modificateur 37 possède une circonférence qui est supérieure à la somme des largeurs des parties 362. En d'autres termes, le dispositif modificateur 37 est "plus large" que les parties 362.

Le dispositif modificateur 37 en forme d'anneau possède généralement 15 une hauteur comprise dans l'intervalle de 5 à 25 mm environ et une épaisseur comprise dans l'intervalle de 10 à 15 µm. Selon un mode de réalisation, le dispositif modificateur 37 en forme d'anneau est placé au voisinage du sommet de la cuve 32. Le dispositif modificateur 37 en forme d'anneau est placé n'importe où le long de la cuve 32 entre le moyen diffuseur 39 et le sommet de la cuve 32. Typiquement, le 20 dispositif modificateur 37 en forme d'anneau est fixé à la cuve 32. Le dispositif modificateur 37 en forme d'anneau peut être un anneau continu ou peut être segmenté le long des parois de la cuve 32. Dans un mode de réalisation particulier, les structures 36 et le dispositif modificateur 37 en forme d'anneau sont tous deux faits de la même matière que celle qui est utilisée pour le placage du substrat 20, 25 afin de réduire le risque de contamination de la solution de placage 39. Si l'on doit plaquer du cuivre, la structure 36, le dispositif modificateur 37 en forme d'anneau et l'anode 34 sont faits en cuivre. Toutefois, dans d'autres modes de réalisation, on pourra utiliser des matières différentes. La cathode (deuxième électrode) du système 30 comporte les parties de retenue 362. Les parties 364 et le dispositif 30 modificateur 37 en forme d'anneau sont des types de dispositifs modifiant la densité de courant électrique pour le système 30 et sont écartés du substrat 20.

On discute ci-après un exemple particulier de placage de cuivre. Bien que de nombreux détails soient fournis, cette information est destinée à illustrer l'invention et non à en limiter l'étendue. En ce qui concerne le fonctionnement du 35 système 30, la solution de placage 39 entre dans la cuve 32 par l'orifice d'entrée 312. La solution de placage comporte du cuivre (Cu), du sulfate de cuivre

( $\text{Cu}_2\text{SO}_4$ ), de l'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), des ions chlorure, par exemple ceux obtenus à partir de  $\text{HCl}$ . La solution de placage 39 passe devant l'anode 34, où des ions ponctuels venant de l'anode 34 se dissolvent dans la solution de placage 39. La solution de placage 39 continue de circuler, en passant dans le diffuseur 33, et 5 atteint le substrat 20. La solution de placage 39 passe finalement au-dessus des côtés de la cuve 32, redescend entre les parois de la cuve 32 et de la chambre 31, et sort par l'orifice de sortie 302.

Au cours de la première partie du processus, l'anode 34 est conditionnée par formation d'une pellicule du type oxyde de cuivre sur au moins 10 une partie de l'anode 34, en particulier sur la partie de l'anode 34 qui fait directement face aux structures 36, mais sans que cela s'y limite. Après le conditionnement, on ajoute des additifs à la solution 39 avant qu'un substrat semiconducteur ne soit mis en contact avec la solution de placage 39.

Une couche d'ensemencement conductrice est formée sur la surface 15 principale (côté du dispositif) du substrat 20. Dans cet exemple, le substrat 20 est une plaquette circulaire. La couche d'ensemencement conductrice 24 favorise le dépôt par placage sur le substrat 20. La couche d'ensemencement conductrice 24 comporte typiquement un métal réfractaire contenant une matière telle que le titane, le tantalum, le nitride de titane, le nitride de tantalum, etc. On monte alors le 20 substrat 20 doté de la couche d'ensemencement conductrice 24 sur le plateau rotatif 351 et on le maintient en place à l'aide des parties de retenue 362 des structures 36. On abaisse ensuite la tête 35 de façon qu'une partie des structures 36 et de la couche d'ensemencement 24 soient en contact avec la solution de placage 39. Il faut prendre soin de maintenir la surface arrière (non exposée) du 25 substrat 20 sans contact avec la solution 39.

Pendant le placage, l'anode 34, les structures 36 et le dispositif modificateur 37 en forme d'anneau sont polarisés de façon à faire déposer une couche 56 de matière de placage. Alors que l'anode 34, les structures 36 et le dispositif modificateur 37 en forme d'anneau peuvent être polarisés positivement ou négativement, 30 ou bien être connectés à la terre électrique, l'anode 34 se trouve à un potentiel plus positif, par comparaison avec les structures 36 et le dispositif modificateur 37 en forme d'anneau. Dans un mode de réalisation particulier, le dispositif modificateur 37 en forme d'anneau et les structures 36 sont tous deux approximativement au même potentiel. Dans un autre mode de réalisation, le dispositif modificateur 37 35 en forme d'anneau est polarisé de façon que le potentiel existant sur les structures 36 se trouve entre le potentiel de l'anode 34 et celui du dispositif

modificateur 37 en forme d'anneau. Les conditions de polarisation peuvent être maintenues sensiblement constantes pendant le placage ou varier avec le temps (en impulsions (onde carrée), en dents de scie, en signal sinusoïdal, etc.). Dans le contexte de la description, on n'entend pas la mise en flottement électrique de ce 5 composant, mais cela peut vouloir dire que l'on place l'un des composants du système au potentiel de la terre électrique.

En ce qui concerne l'un et l'autre modes de réalisation, le fait de polariser les structures 36 et le dispositif modificateur 37 en forme d'anneau aide à réduire la densité de courant au niveau du bord, ce qui a en retour pour effet de 10 réduire la vitesse de placage au voisinage du bord du substrat 20, par comparaison avec le cas où on n'utilise pas de dispositifs modifiant la densité de courant électrique. Le placage s'effectue jusqu'à ce qu'une épaisseur voulue de la matière plaquée 56 se soit formée. Selon un mode de réalisation, cette épaisseur est typiquement comprise dans l'intervalle de 600 à 1 500 nm (6 000 à 15 000 Å) environ. 15 Au contraire de la technique antérieure, l'épaisseur de la matière plaquée est plus uniforme ou peut être légèrement plus épaisse au milieu du substrat 20, comme représenté sur la figure 5. On note que, sur la figure 5, le substrat 20 a été retourné de manière que la matière plaquée 56 regarde vers le haut de la figure 5. On ajuste le potentiel présent sur les dispositifs modifiant la densité de courant électrique afin 20 d'obtenir les résultats voulus en ce qui concerne l'uniformité. La couche 56 peut être déposée de façon que la différence d'épaisseur de la couche 56 au point central et un point situé dans la limite de 10 mm par rapport au bord du substrat ne dépasse pas 5 % de l'épaisseur de la couche 56 au point central. Pendant le placage, les paramètres de fonctionnement sont ceux que l'on utilise classiquement 25 dans la technique, à l'exception des paramètres qui ont été indiqués expressément.

Les dispositifs modifiant la densité de courant électrique ne peuvent pas être retirés de façon destructive du substrat 20, comme c'est le cas avec les écrans voleurs de la technique antérieure, qui sont en contact avec les cartes de circuit imprimé pendant le placage. La suite du traitement doit s'effectuer alors que 30 le substrat 20 est sous forme de plaquette. Si le dispositif modifiant le courant électrique était en contact avec le substrat 20 et était retiré de façon destructive, les opérations ultérieures du traitement seraient presque impossibles à effectuer, car le substrat 20 n'aurait pas une forme sensiblement circulaire. Un substrat brisé produit des particules, possède des bords aigus et est susceptible de se fracturer encore lors 35 d'opérations ultérieures du traitement, ce qui abaisse le rendement.

Après placage, on effectue le traitement destiné à former un dispositif sensiblement achevé. Les opérations à entreprendre peuvent comprendre un polissage chimico-mécanique de la couche 56, la formation de couches supplémentaires d'isolation et d'interconnexion, si nécessaire, et la formation d'une couche 5 de passivation sur la couche d'interconnexion située le plus haut. Si la couche 56 est utilisée pour des bosses de soudure, la couche 56 présente, sur le point central du substrat, une épaisseur qui est comprise dans l'intervalle de 40 à 160  $\mu\text{m}$  environ et on lui applique un tracé de motif par gravure.

Une fois le placage achevé, on peut plaquer un autre substrat, ou bien 10 on peut nettoyer les structures 36 en retirant au moins une partie de la matière de placage qui a été déposée sur les structures 36 lorsque la couche plaquée 56 a été déposée sur le substrat 20. Le nettoyage peut s'effectuer de différentes manières. Selon un mode de réalisation, le nettoyage peut s'effectuer par polarisation des structures 36 à un potentiel plus positif que celui de l'anode 34. Selon un autre 15 mode de réalisation, les structures 36 sont polarisées à un potentiel plus positif que celui du dispositif modificateur 37 en forme d'anneau. Dans ce mode de réalisation particulier, l'anode 34 est en flottement électrique. Si l'anode 34 flotte électriquement, la pellicule qui a été créée sur l'anode 34 pendant le conditionnement subsistera sans être sensiblement perturbée pendant le processus de nettoyage. Si 20 l'on ne laisse pas l'anode 34 flotter, le film sera affecté et un conditionnement sera nécessaire. Après l'opération de nettoyage, on peut traiter d'autres substrats.

Le système 30 peut aussi être utilisé pour effectuer le placage d'autres matières, comprenant l'or et le nickel. En outre, le système peut être utilisé pour déposer des alliages. Par exemple, il peut s'agir de bosses conductrices utilisées 25 dans des dispositifs à semiconducteur pour grilles à boules.

Les bosses conductrices comportent typiquement un alliage plomb-étain. Le plomb présente un potentiel d'oxydation de +0,126 V, et l'étain de +0,136 V. Ainsi, l'étain s'oxyde plus facilement que le plomb. L'anode 34 doit comprendre l'élément métallique qui est le plus facilement oxydé, et non pas l'autre 30 élément métallique. Sinon, l'anode 34 peut se piquer après le placage de substrats.

Dans ce cas particulier, l'anode 34 doit comporter l'étain et non le plomb. La solution de placage 39 contiendra le plomb et l'étain à la fois dans l'état élémentaire (état réduit) et dans l'état ionique (état oxydé). On peut faire varier les paramètres de dépôt, notamment les concentrations du plomb et de l'étain dans la 35 solution de placage et les conditions de polarisation de l'anode 34, des structures 36 et du dispositif modificateur 37 en forme d'anneau, pour modifier la

composition de l'alliage. L'alliage peut présenter une composition sensiblement uniforme ou bien variable (la variation se faisant par quantités discrètes ou bien continûment).

5 Selon un autre mode de réalisation, on utilise le système 30 pour déposer d'autres matières électroactives sur le substrat 20. Dans cette application, la matière sera chargée négativement et, par conséquent, le substrat 20 et les structures 36 vont maintenant devenir l'anode et ce que l'on utilisait au titre de l'anode 34 devient la cathode. De cette manière, le sens du courant à l'intérieur de la solution de placage 39 s'inverse sensiblement.

10 L'invention comporte d'autres modes de réalisation. Selon un mode de réalisation particulier, on modifie les structures 36 de façon que les parties de retenue 362 et les parties 364 constituent des éléments séparés. Dans ce cas, les parties 364 et les parties de retenue 362 sont fixées au plateau tournant au titre de composants distincts. Dans d'autres modes de réalisation, les parties 364 sont 15 fixées en permanence aux parties de retenue 362 ou bien constituent une partie amovible que l'on pourrait retirer de temps à autre des parties de retenue.

20 Pendant le placage, les structures 36 peuvent être complètement ou partiellement submergées à l'intérieur de la solution de placage 39. Les formes de l'un des deux dispositifs modifiant la densité de courant électrique ou de ces deux dispositifs doivent être adaptées à la forme du bord du substrat 20. Par exemple, les parties 364 sont des parties en forme d'arc, et tous les points situés le long du bord interne de ces parties en forme d'arc 364 sont à des distances au substrat 20 sensiblement égales. Si le substrat 20 est un rectangle à bords rectilignes, les parties modificatrices en forme d'arc auront des bords internes situés en regard du substrat 20 et seront sensiblement parallèles au bord correspondant du substrat 20. 25

30 D'autres conceptions sont également possibles pour le dispositif modificateur 37 en forme d'anneau. Dans d'autres modes de réalisation, le dispositif modificateur 37 en forme d'anneau s'étend au-dessus du sommet de la cuve 32. Par exemple, le dispositif modificateur 37 en forme d'anneau pourrait comporter des bords crénelés qui permettraient que la solution de placage 39 s'écoule entre les bords crénelés et à l'extérieur de la cuve 32. De cette manière, la solution de placage 39 ne serait pas en contact avec la partie supérieure du dispositif modificateur 37 en forme d'anneau. C'est celui qu'on est le plus susceptible d'utiliser si l'on emploie pour le placage un dispositif modificateur en forme d'anneau 35 segmenté. Comme dans un mode de réalisation précédent, la forme du dispositif modificateur 37 en forme d'anneau doit être sensiblement la même que celle de la

cuve 32, qui concorde généralement avec la forme du substrat 20. Dans le cas d'un substrat 20 circulaire, le dispositif modificateur 37 en forme d'anneau et la cuve 32 ont des formes circulaires. Si le substrat 20 est un rectangle, le dispositif modificateur 30 est en forme d'anneau et la cuve 32 ont également des formes 5 rectangulaires.

Dans d'autres modes de réalisation, des parties seulement du dispositif modificateur 30 en forme d'anneau sont conductrices. Selon un mode de réalisation particulier, un segment du dispositif modificateur 37 en forme d'anneau est conducteur dans sa moitié supérieure et une partie adjacente du dispositif modificateur 30 est en forme d'anneau aura sa moitié inférieure conductrice. Selon un autre mode de réalisation, toute la partie supérieure ou bien toute la partie inférieure, ou encore une combinaison quelconque de celles-ci, est conductrice. En tous cas, le positionnement du dispositif modificateur 37 en forme d'anneau doit être effectué de manière que l'uniformité du placage soit optimisée.

15 Le système 30 peut fonctionner en n'utilisant que les structures 36 ou que le dispositif modificateur 37 en forme d'anneau au titre des dispositifs modifiant la densité de courant électrique. L'utilisation des deux dispositifs modifiant la densité de courant électrique augmente des possibilités de mieux commander la densité de courant électrique pendant le placage et, par conséquent, 20 permet un plus grand contrôle sur la variation d'épaisseur de la matière 56 plaquée sur le substrat 20.

Selon un autre mode de réalisation, on peut modifier la forme de l'anode afin d'optimiser la densité de courant de façon qu'elle soit plus uniforme sur l'étendue de la surface de la plaquette. Comme illustré sur la figure 6, une anode 64 25 en forme de cône possède un bord qui va en se rétrécissant. Ceci modifie la densité du courant au voisinage du substrat 20. Il est évident que d'autres formes peuvent être envisagées.

Bien entendu, l'homme de l'art sera en mesure d'imaginer, à partir des procédés et des systèmes dont la description vient d'être donnée à titre purement 30 illustratif et nullement limitatif, diverses variantes et modifications ne sortant pas du cadre de l'invention. On voudra bien prendre la peine de noter que dans les revendications ci-jointes, les expressions "moyen plus fonction" sont à comprendre au sens des structures décrites ici qui effectuent les fonctions indiquées ainsi que leurs structures équivalentes.

REVENDICATIONS

1. Procédé de dépôt d'une couche de matière (56) sur un substrat, caractérisé en ce qu'il comprend les opérations suivantes :

5                    placer le substrat (20) dans un système de placage (30) comportant :

                  un conteneur (32) ;

                  une première électrode (34) disposée à l'intérieur du conteneur (32) ;

10                    une deuxième électrode (36) électriquement connectée au substrat (20) ;

                  un premier conducteur ou dispositif modifiant la densité de courant électrique (364, 37), qui

                  est écarté d'une certaine distance du substrat (20) ;

                  possède une plus grande largeur que la deuxième électrode

15                    (362) ; et

                  s'étend plus loin en direction de la première électrode (34) par comparaison avec la deuxième électrode (362) ;

20                    un liquide ionique (39), qui est en contact avec la première électrode (34), la deuxième électrode (362), le substrat (20) et le premier conducteur ou dispositif modifiant la densité de courant électrique (364, 37) ;

                  mettre la première électrode (34) à un premier potentiel, la deuxième électrode (362) à un deuxième potentiel, et le premier conducteur ou dispositif modifiant la densité de courant électrique (364, 37) à un troisième potentiel, où :

                  la couche de matière (56) est déposée sur le substrat (20) ; et

25                    le premier potentiel est différent des deuxième et troisième potentiels ; et

                  retirer le substrat (20) hors du système de placage (30).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'opération consistant à mettre la première électrode (34) à un premier potentiel comprend l'opération consistant à mettre la première électrode (34) au premier potentiel, la deuxième électrode (362) au deuxième potentiel, le premier conducteur ou dispositif modifiant la densité de courant électrique (364, 37) au troisième potentiel, où les deuxième et troisième potentiels sont sensiblement le même potentiel.

35                    3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'opération consistant à mettre la première électrode (34) à un premier potentiel comprend

l'opération consistant à mettre la première électrode (34) au premier potentiel, la deuxième électrode (362) au deuxième potentiel, le premier conducteur ou dispositif modifiant la densité de courant électrique (37) au troisième potentiel, où :

5 les premier, deuxième et troisième potentiels sont des potentiels différents ; et

le deuxième potentiel se trouve entre les premier et troisième potentiels.

4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'opération de placement du substrat (20) comprend l'opération consistant à positionner le substrat (20) de façon qu'il ait un bord près du premier conducteur ou dispositif modifiant la densité de courant électrique (364, 37), lequel possède une forme analogue à une partie du bord.

5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'opération consistant à mettre la première électrode (34) à un premier potentiel comprend la production d'une différence de potentiel pulsée qui varie périodiquement avec le temps.

6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la première électrode (34) possède une section droite qui est au moins partiellement de forme conique.

7. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'opération consistant à mettre la première électrode (34) à un premier potentiel dépose la couche (56), sur un premier point plus rapproché du centre du substrat (20), jusqu'à une première épaisseur et, sur un deuxième point plus rapproché d'un bord du substrat (20), jusqu'à une deuxième épaisseur qui n'est pas plus épaisse que la première épaisseur.

8. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre l'opération consistant à retirer au moins une partie de la couche de matière qui a été déposée sur la deuxième électrode (362) pendant l'opération consistant à mettre la première électrode (34) à un premier potentiel, où le premier conducteur ou dispositif modifiant la densité de courant électrique (37) est mis à un potentiel inférieur par comparaison avec la deuxième électrode (362).

9. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre l'opération consistant à faire tourner le substrat (20) et la première électrode (34) l'un par rapport à l'autre pendant l'opération consistant à mettre la première électrode (34) à un premier potentiel.

10. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'opération consistant à mettre la première électrode (34) à un premier potentiel dépose une couche de matière (56) qui est un alliage comportant un premier élément métallique et un deuxième élément métallique différent du premier élément métallique.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que l'opération de placement du substrat comprend le placement du substrat (20) dans le système de placage, où :

10 la première électrode (34) comprend le premier élément métallique et ne comprend pas le deuxième élément métallique ;

le premier élément métallique possède un potentiel d'oxydation supérieur à celui du deuxième élément métallique ; et

le liquide ionique (39) comporte des ions du deuxième élément métallique.

15 12. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le substrat (20) comprend un substrat (20) de dispositif à semiconducteur.

13. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le premier conducteur ou dispositif modifiant la densité de courant électrique (37) possède une forme d'anneau et est fixé au conteneur (32).

20 14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que le premier conducteur ou dispositif modifiant la densité de courant électrique est segmenté.

15 25 15. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre l'opération consistant à faire tourner le premier conducteur ou dispositif modifiant la densité de courant électrique (364) par rapport à la première électrode (34) pendant l'opération consistant à placer la première électrode (34) à un premier potentiel.

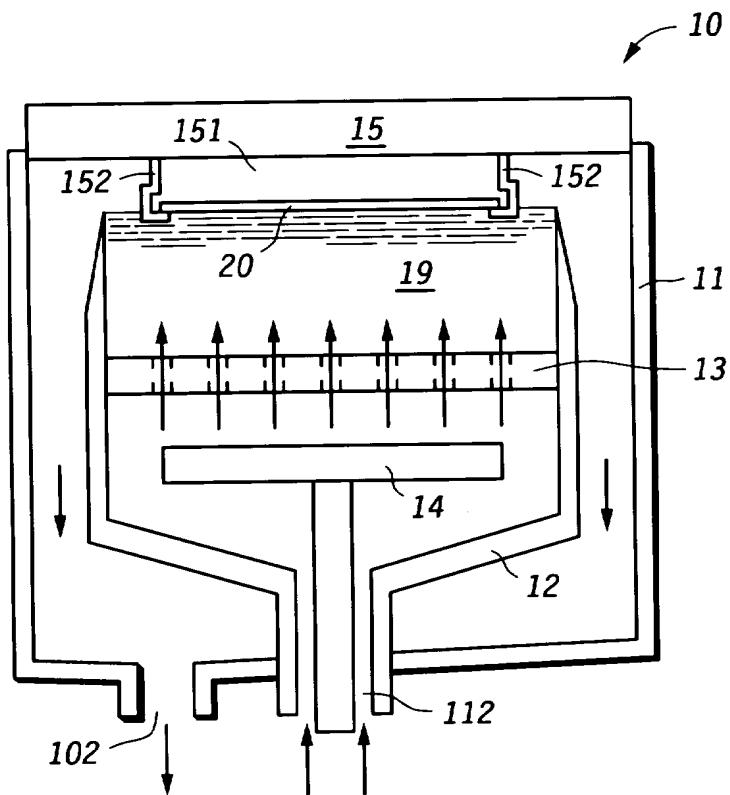
16. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que :

30 le système de placage (30) comprend en outre un second conducteur ou dispositif modifiant la densité de courant électrique (37) qui est écarté du substrat (20) et du premier conducteur ou dispositif modifiant la densité de courant électrique (364) ; et

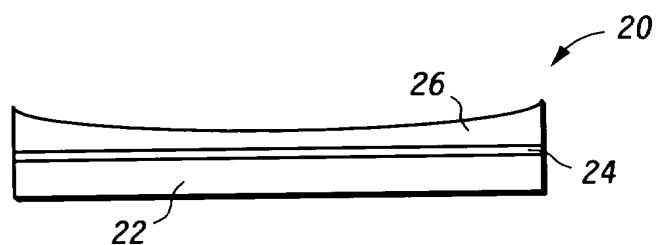
35 le procédé comprend en outre l'opération consistant à retirer de la deuxième électrode (362) et du premier conducteur ou dispositif modifiant la densité de courant électrique (364) au moins une partie de la matière en faisant électriquement flotter la première électrode (34) et en mettant la deuxième électrode (362) ainsi que le premier conducteur ou dispositif modifiant la densité

de courant électrique (364) à un premier potentiel et le second conducteur ou dispositif modifiant la densité de courant électrique (37) à un deuxième potentiel, qui est inférieur au premier potentiel, cette opération étant effectuée après l'opération consistant à retirer le substrat.

1/3

***FIG.1***

TECHNIQUE ANTERIEURE

***FIG.2***

TECHNIQUE ANTERIEURE

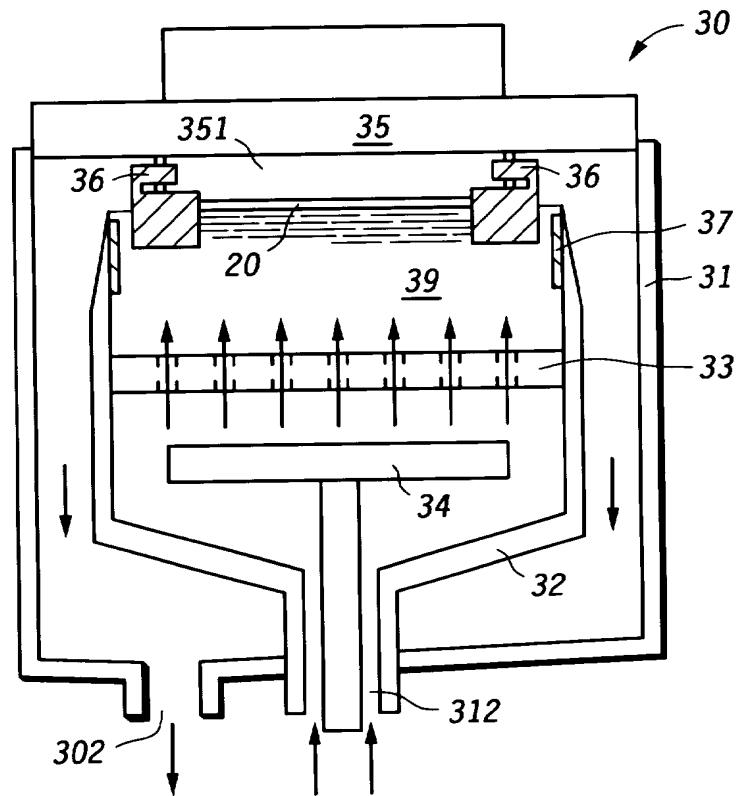


FIG. 3

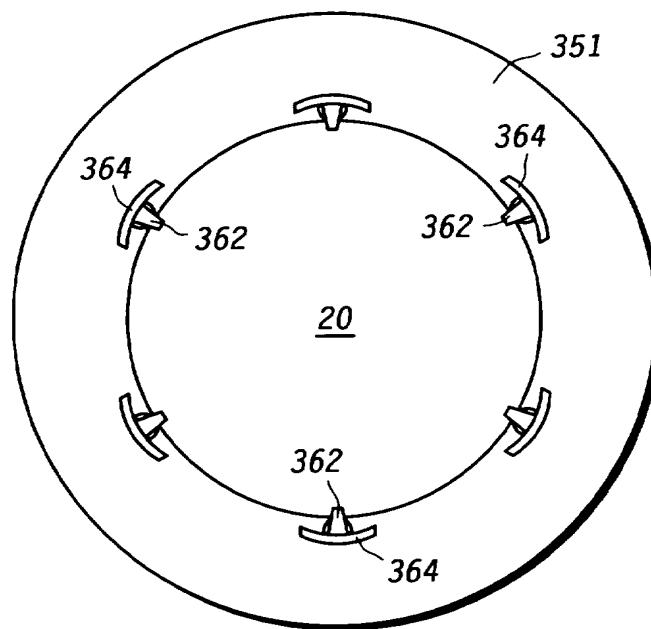
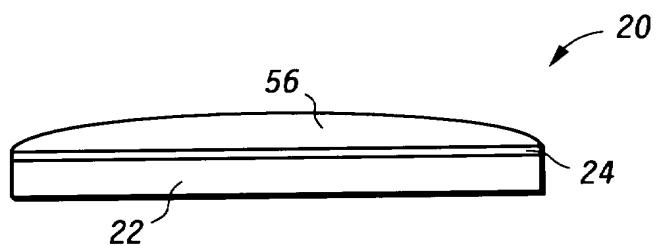
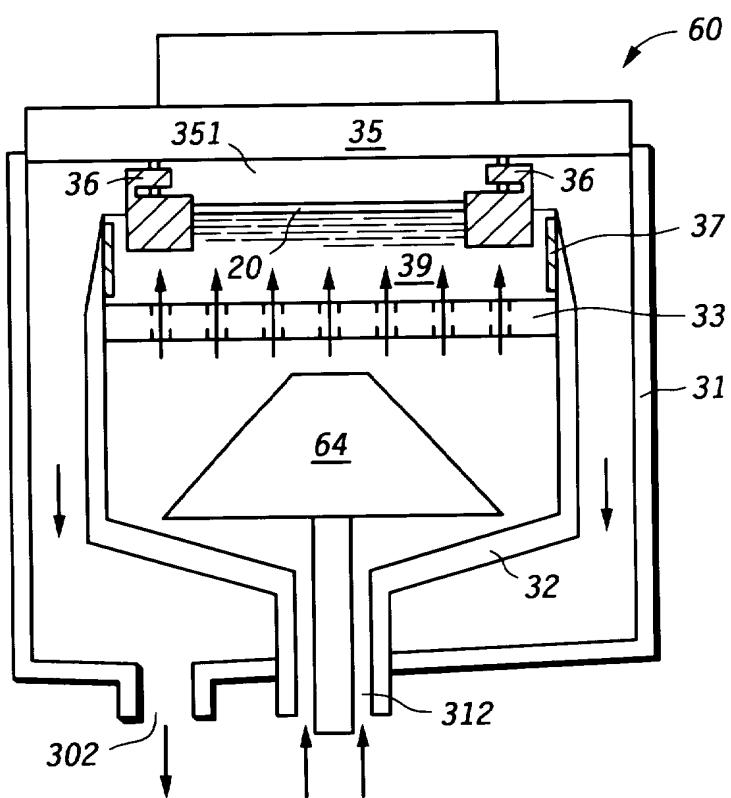


FIG. 4

3/3

***FIG. 5******FIG. 6***